

ВПЛИВ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ ВПОРСКУВАННЯ БЕНЗИНУ НА ПАЛИВНУ ЕКОНОМІЧНІСТЬ ДВИГУНА В РЕЖИМІ МІНІМАЛЬНОЇ ЧАСТОТИ ХОЛОСТОГО ХОДУ

Показники роботи двигуна обладнаного системою впорскування бензину зі зворотнім зв'язком та системою нейтралізації відпрацьованих газів також залежать від технічного стану слідуючих елементів системи впорскування, які регулюють склад паливоповітряної суміші. У роботі визначено вплив технічного стану елементів підсистем керування наповненням циліндрів та утворення паливоповітряної суміші системи впорскування бензину на паливну економічність двигуна в режимі мінімальної частоти холостого ходу.

Ключові слова: бензиновий двигун, система впорскування бензину, система нейтралізації відпрацьованих газів, зворотній зв'язок.

SLAVIN VIKTOR

Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University

INFLUENCE TECHNICAL CONDITION THE ELEMENTS OF SYSTEM PETROL INJECTION ON THE FUEL EFFICIENCY OF THE ENGINE IN A MODE OF THE MINIMAL FREQUENCY IDLE RUN

The resource efficiency of the catalytic converter and a λ -sensor is 100 thousand km. Therefore, very often in operation, a period when the efficiency decreases neutralization system to a level at which there is no need for a feedback system. Because of this, in operation shut down feedback λ -sensor. To assess the impact of such changes on the performance of the engine determined fuel consumption at idle when $n_0=920$ min⁻¹. When the engine is switched from the feedback fuel consumption of 0,738 liters /hour, whereas without the control signals λ -sensor it was 0,672 liters /hour, it decreased by 9,82%. To improve fuel efficiency of the engine is turned off feedback, implemented lean mixture to the limit $\alpha=1,1$. As a result, measurements found that the lowest level of idling fuel consumption increased by 15,6% (0,797 liters /hour). Running the engine with distributed system of petrol injection at $\alpha=1,1$ not ensure its effective operation in terms of fuel efficiency. The efficiency of the exhaust gas system of the engine with system of petrol injection also depends on the technical condition of the injection elements that make up the management subsystem filling of cylinders and fuel mixture formation. Determined that the fuel consumption in the absence of a signal from the coolant temperature of 0,849 liters/ hour, which is more than 1,26 times higher than the engine operation with a serviceable sensor (0,672 liters/hour). Studies have shown that the throttle position sensor failure does not affect the fuel-economic parameters of the engine (0.67 liters/ hour) in the initial position (zero point).

Keywords: petrol engine, the system of petrol injection, waste gases neutralization system, feedback coupling.

Вступ. Основне місце серед рухомого складу автомобільного транспорту в Україні належить легковим автомобілям. Транспортні засоби категорії М1 згідно останніх статистичних досліджень складають 6900,5 тис. од., що становить 71% від усієї кількості [1]. Попри переважну більшість їх серед інших учасників дорожнього руху легкові автомобілі відрізняються між собою силовим агрегатом, що споживає певний вид палива. Насамперед такими двигунами є карбюраторні, які мають механічну систему керування паливopoдачею, що не забезпечують діючих екологічних норм і через це замінюються на системи впорскування бензину. При цьому на автодорогах чимало легкових дизелів (20–22%) та автомобілів з бензиновими двигунами з встановленим газобалонним обладнанням (75 тис. од. станом на 01.01.2013). Актуальність останніх силових агрегатів обумовлена тим, що дизелі мають кращу паливну економічність, зокрема в режимах малих навантажень в порівнянні з бензиновими двигунами, а використання газових палив в якості моторних характеризується багатьма перевагами, серед яких основною є їх низька вартість (42% від вартості бензину марки А-95+).

Парк легкових автомобілів з карбюраторними двигунами згідно даних у роботі [2] мають таку орієнтовну структуру за екологічними властивостями:

- відповідних Євро-0 – 4470-4870 тис. од. (66-72 %);
- відповідних Євро-1 – 60-130 тис. од. (1-2 %).

Як видно з цих даних, значна кількість автомобілів екологічного рівня «Євро-0» експлуатується з карбюраторними системами живлення тоді як екологічні норми «Євро-1» підтримують автомобілі з окислювальними нейтралізаторами відпрацьованих газів (ВГ).

Введення в Україні екологічних норм рівня «Євро-2» у 2006 р. посприяло пошуку ефективних заходів, спрямованих на їх підтримку легковими автомобілями з карбюраторними двигунами.

Аналіз попередніх досліджень і публікацій. У роботах [3–5] експериментальним шляхом визначено, що заміна карбюраторної системи на систему впорскування бензину забезпечує зниження токсичності ВГ, покращує паливо-економічні показники та динамічні якості автомобіля.

Для заміни карбюратора в умовах експлуатації в роботі [3] використовували систему впорскування бензину типу «LE-Jetronic». Застосування цієї системи впорскування дозволило при стабільній роботі двигуна, що підтверджується однаковими, а для малих навантажень нижчими концентраціями вуглеводнів у ВГ, значно збіднити паливоповітряну суміш (α зросло з 1,0 до 1,2). Таке збіднення суміші призвело до зниження питомої витрати палива, в середньому по навантажувальній характеристиці на 8,7%. При повному навантаженні потужність двигуна з системою впорскування зросла на 7,2%.

Проте для забезпечення діючих екологічних норм необхідно використовувати систему впорскування із зворотнім зв'язком по λ -датчику, який за складом ВГ регулює паливоподачу для ефективної роботи трикомпонентного каталітичного нейтралізатора.

У роботі [5] проведені дослідження, метою яких було покращення показників роботи легкових автомобілів з карбюраторними двигунами використанням сучасної системи впорскування бензину типу «LN-Motronic» із системою нейтралізації ВГ та зворотнім зв'язком по λ -датчику. Стендові випробування двигуна продемонстрували позитивний ефект від заміни карбюратора на систему впорскування бензину, через зниження питомої витрати палива на 5% при $n_d=2000$ хв⁻¹, а при повному навантаженні потужність двигуна з системою впорскування зросла на 6,6%. Виконання Європейського міського їздового циклу автомобілем з новою системою живлення із впорскування бензину та системою нейтралізації ВГ на роликовому моделюючому стенді фірми AVL засвідчили переваги таких заходів так як отримано зниження витрати палива на 6,44% та підтримку екологічних норм рівня «Євро-2».

Проте, дотримання таких показників двигунами з системою впорскування бензину та нейтралізації ВГ протягом експлуатації можливо при дотриманні правил технічної експлуатації. Основними елементами системи нейтралізації ВГ є каталітичний нейтралізатор та λ -датчик, останній забезпечує роботу двигуна при стехіометрії для ефективного очищення ВГ.

Виділення невирішених частин. Відомо, що ресурс ефективної роботи каталітичного нейтралізатора та λ -датчика складає близько 100 тис. км пробігу автомобіля [5]. Звичайно несправні елементи системи нейтралізації ВГ необхідно замінювати на нові для досягнення показників роботи автомобіля на рівні встановлених заводом-виробником. Досить часто в умовах експлуатації настає період, коли ефективність системи нейтралізації знижується до рівня, при якому зникає необхідність у системі зворотного зв'язку. Тому, у блоках керування системою впорскування бензину виникають зворотні зв'язки по λ -датчику, який потім від'єднують від роз'єму та демонтують з системи випуску ВГ.

Мета і постановка задачі. Визначення впливу технічного стану елементів підсистем керування наповненням циліндрів і утворення паливоповітряної суміші на витрату бензину в режимі холостого ходу.

Матеріали і результати досліджень. Склад паливоповітряної суміші під час роботи двигуна без зворотного зв'язку регулюється за значеннями в програмі керування двигуном в залежності від частоти обертання колінчастого вала двигуна і навантаження (рис. 1). З рис. 1 видно, що склад паливоповітряної суміші змінюється в залежності від навантаження та частоти обертання колінчастого вала двигуна. У режимі мінімального холостого ходу двигуна та його прогріву до робочої температури – 85°C, необхідна теоретична кількість повітря для повного згоряння 1 кг палива складає $l_0=14,76$ кг повітря.

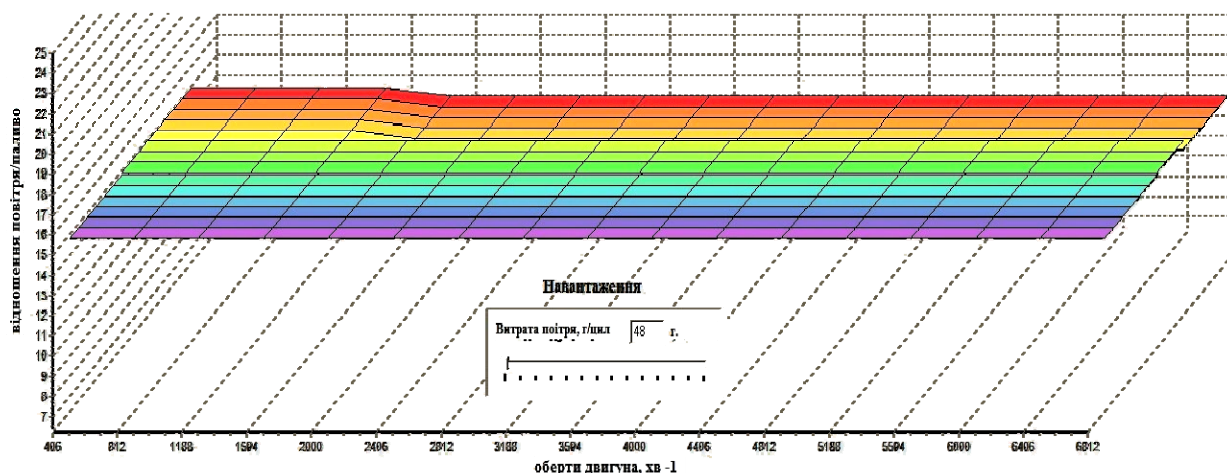
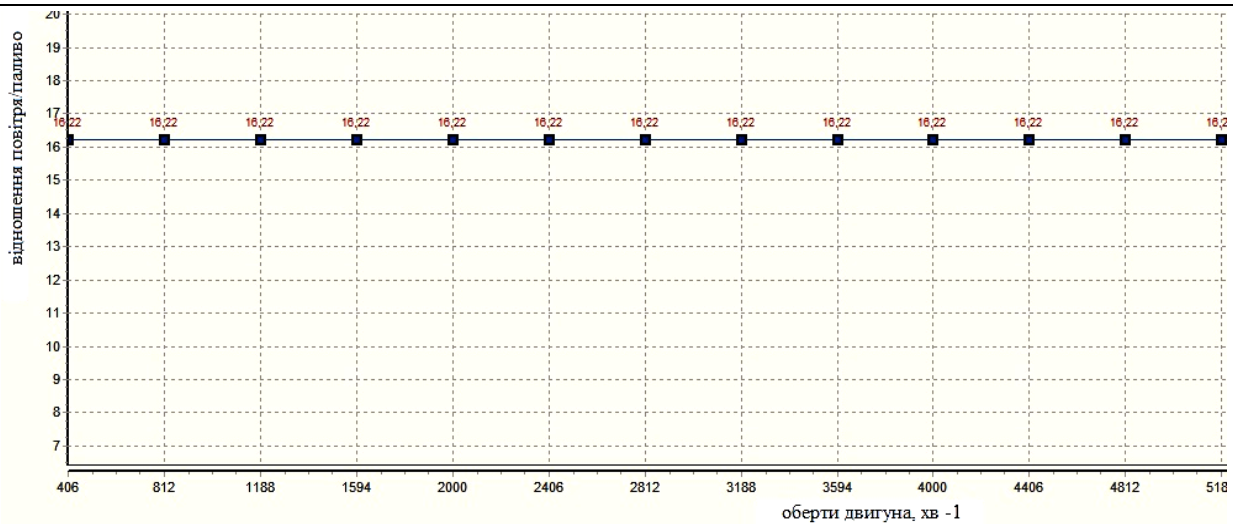


Рис. 1. Склад паливоповітряної суміші при розімкнутому зв'язку λ -датчика

Вплив відключення зворотного зв'язку на витрату палива визначався в режимі мінімального холостого ходу при $n_d=920$ хв⁻¹. У результаті замірів витрати палива визначено, що при роботі двигуна з увімкненим зворотнім зв'язком витрата палива складає 0,738 л/год. тоді як при роботі без врахування регулювальних сигналів λ -датчика вона становила 0,672 л/год., тобто зменшилася на 9,82 %. Як видно, робота двигуна зі зворотнім зв'язком характеризується постійним корегуванням складу суміші через вплив на відкритий стан клапана бензинових електромагнітних форсунок так, щоб відхилення складу суміші не становило більш ніж 1% від стехіометричного, а при роботі двигуна без зворотного зв'язку він працює на дещо збідненій паливоповітряній суміші. Враховуючи можливості блока керування системою впорскування бензину виконано його програмування на роботу двигуна при збідненій суміші з коефіцієнтом надміру повітря $\alpha = 1,1$ (рис. 2).

Рис. 2. Програмування на роботу двигуна за збіденого складу суміші ($\alpha=1,10$)

У результаті замірів визначено, що в режимі мінімального холостого ходу витрата бензину зростає на 15,6% (0,797 л/год.). Робота двигуна з розподіленою системою впорскування бензину при $\alpha=1,1$ не забезпечить його ефективної роботи з точки зору паливної економічності, а також покращення його пускових та динамічних властивостей.

Ефективність роботи системи нейтралізації ВГ двигуна з системою впорскування бензину залежить також від технічного стану елементів системи впорскування, які складають підсистеми керування наповненням циліндрів та утворенням паливоповітряної суміші. Сюди належать слідуючі елементи системи корекції складу суміші: λ -датчик та датчик температури охолодної рідини (ДТОР); датчик положення дросельної заслінки (ДПДЗ) систем подачі бензину та визначення навантаження двигуна. У кожного слідуючого елемента системи впорскування бензину є якісний показник роботи. При несправності λ -датчика з'являється нестійка робота в режимі ХХ, зростає витрата палива та погіршуються динамічні властивості автомобіля. При цьому, невідповідна робота λ -датчика може спричинити перегрів каталітичного нейтралізатора, що призведе до руйнування його робочої порожнини та повної недієздатності.

Показником роботи ДТОР є зміна опору (Ом) залежно від температури охолодної рідини. Порушення роботи ДТОР спричиняє сильне збіднення або збагачення робочої суміші, а при відсутності сигналу від ДТОР ускладнюється пуск двигуна через відсутність інформації про пусковий склад суміші. Як приклад, на рис. 3 показано вплив визначеної ДТОР на корекцію складу суміші.

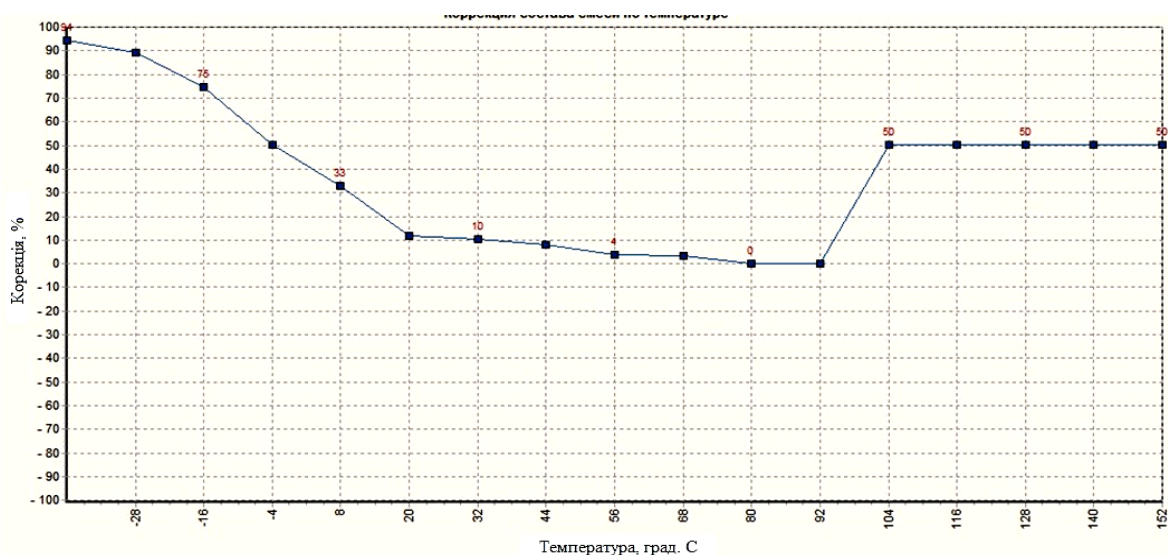


Рис. 3. Корекція складу суміші по температурі

Температура охолодної рідини визначає склад суміші для ефективного пуску двигуна. Експериментально визначено, що витрата палива в режимі ХХ при відсутності сигналу від ДТОР складає 0,849 л/год., що більше в 1,26 разу ніж за роботи двигуна зі справним датчиком (0,672 л/год.).

Одним із датчиків системи впорскування бензину, який забезпечує динамічні якості автомобіля є датчик положення дросельної заслінки (ДПДЗ). Він забезпечує корекцію паливоподачі залежно від положення дросельної заслінки, настання режиму збагачення складу суміші (відключення зворотного зв'язку), очікувану витрату повітря (г/с) та вмикає режим примусового холостого ходу. Як приклад, на рис.

4 видно вплив положення дроселя (%) на увімкнення режиму збагачення паливоповітряної суміші.

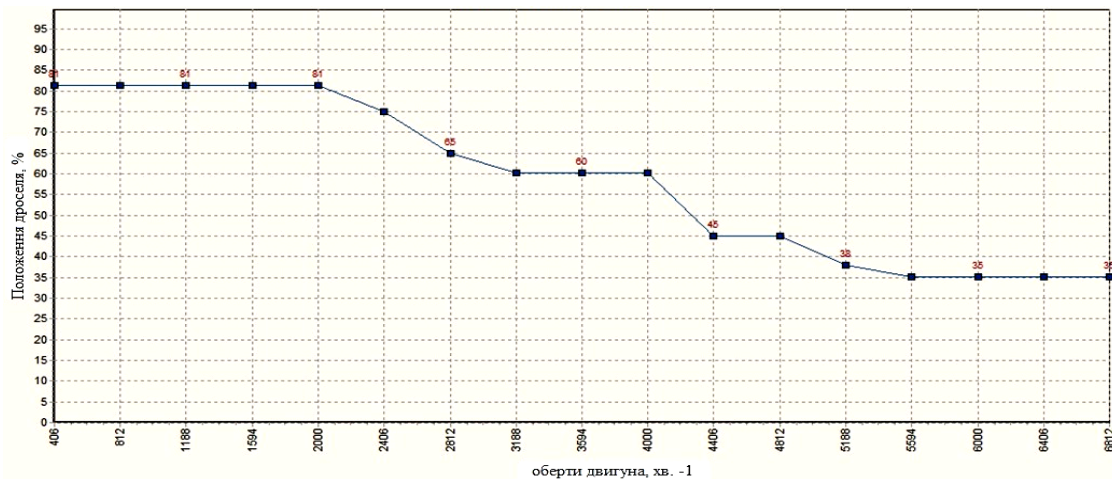


Рис. 4. Режим збагачення від положення дроселя

Спочатку проводилися заміри витрати палива в режимі мінімального холостого ходу технічно справного ДПДЗ та з відсутнім сигналом. Дослідження показали, що відсутній сигнал ДПДЗ не погіршує паливо-економічні показники двигуна (0,67 л/год.) в початковому положенні (нульова відмітка). Погіршення показників роботи двигуна з несправним ДПДЗ відбуватиметься в навантажувальних режимах при корекції складу суміші, коли дросель відкритий на деяку величину, щоб забезпечити очікуване наповнення або повне відключення паливоподачі в режимі примусового холостого ходу.

Висновки. Таким чином, дослідження паливної економічності бензинового двигуна легкового автомобіля з електронною розподіленою системою впорскування бензину і зворотнім зв'язком в режимі мінімального холостого ходу показали, що:

- відключення зворотного зв'язку зменшує витрату палива на 9,82 %;
- витрата палива при відсутності сигналу від ДТОР зростає в 1,26 рази;
- відсутній сигнал ДПДЗ не погіршує паливо-економічні показники двигуна в нульовому положенні.

Проведені дослідження продемонстрували вплив відключення в умовах експлуатації зворотного зв'язку на витрату бензину. Визначено вплив технічного стану елементів системи впорскування на витрату бензину, які складають підсистеми керування наповненням циліндрів та утворенням паливоповітряної суміші, що безпосередньо впливають на ефективність системи нейтралізації ВГ.

Література

1. Україна у цифрах у 2014 році: [під ред. О. Г. Осауленка]. – Київ: Державна служба статистики України, 2015. – 240 с.
2. Уведення екологічних норм Євро-3 – Євро-6 в Україні, аналіз структури парку автомобілів за екологічними ознаками /А. М. Редзюк., В. С. Устименко.,О. А. Клименко [та ін.]/Автошляховик України.– 2011.–№ 4–С. 2 – 7.
3. Гунько А. В. Шляхи зниження шкідливих викидів легковими автомобілями в умовах експлуатації / А. В. Гунько, В. В. Славін, І. В. Манько // Вісник НТУ. – 2011. – № 22. – С. 118–126.
4. Славін В.В. Вплив типу системи живлення бензинового двигуна на тягово-швидкісні властивості легкового автомобіля. / В. В. Славін // Вісник Хмельницького національного університету: технічні науки. – 2015. – № 4 (227). – 25-30 с.
5. Гутаревич Ю.Ф. Поліпшення показників легкових автомобілів з карбюраторними двигунами в умовах експлуатації / Ю. Ф. Гутаревич, В. В. Славін // «Вісник СевНТУ». – 2013. – № 142. – С. 36 – 40.

Рецензія/Peer review : 14.02.2017 р.

Надрукована/Printed :19.4.2017 р.

Рецензент: д.т.н., проф. Шайко-Шайковський О.Г.